

PAT-NO: JP404006434A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 04006434 A  
TITLE: SIX-AXIS OPERATION MONITORING  
APPARATUS  
PUBN-DATE: January 10, 1992

INVENTOR-INFORMATION:

NAME  
TADANO, YUJI

INT-CL (IPC): G01M007/02

US-CL-CURRENT: 33/700, 73/432.1, 702/158, 702/FOR.146

ABSTRACT:

PURPOSE: To make it possible to perform monitoring in real time by providing a means for measuring the angular displacement of a motion base and a means for the operation of six axes.

CONSTITUTION: One end of each of six shakers is connected to a motion base, and the other end is connected to a fixed base. A freely rotatable joint is provided at each connecting point. The motion base is made to operate in six degrees of freedom. At this time, the displacements of the shakers are measured with, e.g. displacement gages, and A/D conversion is performed. The amounts of the angular displacements of the motion base are measured with, e.g. gyroscopes, and A/D conversion is performed. The displacements 1 of the shakers and the angular displacements 2 of the motion base are inputted at a sampling period inherent to an operating device 3. An operating part 3-1 is operated by a program stored in a program memory part 3-2.

In a data memory part 3-3, inherent coordinate data, the data of the neutral lengths of the shakers and the intermediate results of operations are stored. Motion displacements 3-4 as the results of the operations undergo A/D conversion, and the results are outputted. In this way, the translation-displacement amounts are algebraically operated in a short time, and monitoring can be performed in real time.

COPYRIGHT: (C)1992,JPO&Japio

----- KWIC -----

Current US Cross Reference Classification - CCXR (2) :  
73/432.1

## ⑫ 公開特許公報 (A) 平4-6434

⑬ Int. Cl. 5

G 01 M 7/02

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成4年(1992)1月10日

6723-2G G 01 M 7/00

A

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全5頁)

⑮ 発明の名称 六軸動作モニタ装置

⑯ 特願 平2-107579

⑰ 出願 平2(1990)4月25日

⑱ 発明者 多田野 有司 茨城県土浦市神立町603番地 株式会社日立製作所土浦工場内

⑲ 出願人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

⑳ 代理人 弁理士 小川 勝男 外1名

## 明細書

## 1. 発明の名称

六軸動作モニタ装置

## 2. 特許請求の範囲

1. 六台の加振機と、前・後、左・右、上・下、ロール、ピッチ、ヨーの六自由度の運動をするベースと、前記加振機を回転自由に接続する自在継手と、駆動力を発生する駆動部と、六自由度の指令信号から前記各加振機の変位指令信号を演算して制御する制御部とから成る六自由度モーションベースにおいて、

角変位を計測する手段と、前記各加振機の変位量及び前記角変位量より前・後、左・右、上・下、ロール、ピッチ、ヨーの六軸の動作を演算する手段とを設けたことを特徴とする六軸動作モニタ装置。

## 3. 発明の詳細な説明

## 〔産業上の利用分野〕

本発明は、六本の加振機により六自由度の運動(前後、左右、上下、ロール、ピッチ、ヨー)を

するモーションベースにおいて、ベース上の実際の動作をモニタする装置に関する。

## 〔従来の技術〕

一般に六自由度モーションベースは六本の油圧シリンダの操作により、三軸方向の並進運動である前後運動、左右運動、上下運動および三軸周りの回転運動であるヨー運動、ピッチ運動、ロール運動の各運動を行うことができるばかりでなく、これらの運動を組合せて行うことができるよう構成されている。

その一例を第2図および第3図について説明する。34はモーションベースで、モーションベース34は床面上に固定された固定ベース35上に配置された六本の油圧シリンダ4ないし9により支持されている。これらの油圧シリンダ4ないし9の両端は第3図に示すように固定ベース35上の軸受点10ないし15、および、モーションベース34上の軸受点16ないし21でそれぞれ支持されている。22ないし27は油圧シリンダ4ないし9にそれぞれ取付けられた電気油圧サーボ

弁で、このサーボ弁 22ないし 27は後述する制御回路からえられる制御信号により油圧シリンダ 4ないし 9を操作する。28ないし 33は油圧シリンダ 4ないし 9の変位を検出する変位検出器である。

このような構成の六自由度モーションベースでは、電気油圧サーボ弁 22ないし 27により操作される油圧シリンダ 4ないし 9を、第4図に示す制御回路の計算処理装置 37から出力される六自由度運動指令信号  $X_i$  に追従するようにサーボ制御することにより、モーションベース 34は六自由度の運動を行う。

第4図に示すように、計算処理装置 37から出力される六自由度運動指令信号  $X_i$  は演算装置 38に入力される。この演算装置 35は指令信号  $X_i$  を入力し、油圧シリンダ 4ないし 9の変位指令信号  $l_i$  を演算してサーボ制御回路 36へ出力する。このサーボ制御回路 36は変位指令信号  $l_i$  と各油圧シリンダ 4ないし 9の変位検出器 28ないし 33の信号  $l_f$  を入力し、モーション

ベース 34に六自由度運動指令信号  $X_i$  に対応する運動を行わせるように油圧シリンダ 4ないし 9を制御する。

このように計算処理装置 37から出力される六自由度運動指令信号  $X_i$  を演算装置 38への入力信号とし、この演算装置 38により各油圧シリンダ 4ないし 9のストロークへの変換を行っている。従つて、各油圧シリンダ 4ないし 9の位置をサーボ制御装置のフィードバック信号として用いることにより、モーションベース 34に所要の六自由度運動を与えることができる。

このように六自由度の運動を実現できるが、六自由度の運動の全てを、直接、観測する手段がないため、各シリンダの実際の変位を情報として演算する手法がある。この方法は、六自由度の運動変位量から各加振機の変位量を求める演算式を用いる。この演算式は、逆に、各加振機の変位量から六自由度の変位量を代数的に求められないため、六自由度の運動変位量を未知数として、観測された加振機の変位量と前述の演算式の計算結果とが

一致するよう、収束演算する方法である。

#### 〔発明が解決しようとする課題〕

上記従来の方法では、下記の問題点があつた。すなわち、

(1) 演算精度を上げるには、演算繰返し回数が増え、演算時間を要し、リアルタイム性が失なわれる。

(2) 演算繰返し回数を減らし演算時間の短縮化を図った場合には、演算精度が悪くなり、モニタとしての機能が失なわれる。

(3) 高速、及び、高精度化を図るには、高価な大型の計算機が必要になり、経済性を失なう。

本発明の目的は、短時間で高精度の演算結果を安価な機器構成で実現できる六軸動作モニタ装置を提供することにある。

#### 〔課題を解決するための手段〕

上記目的を達成するために、本発明は角変位を、直接、計測する手段及び、加振機の変位量、及び、前述の手段より得られる角変位量より六軸の動作変位量を高速に演算する手段を設けた。高速、か

つ、高精度の演算を実現するため、演算方法が収束演算から代数演算で実現するのに必要で、かつ、直接、計測が可能である角変位を計測する手段を設けた。また、角変位の計測器が高価な反面、演算回路が非常に安価に実現できるため、大型計算機で実現する方法に比べて安価にできる。

#### 〔作用〕

モニタ演算手法を述べる前に、六軸の運動変位から加振機の変位量を求める方法を述べる。

加振機の両端は、一方は六自由度の動作するベース(以下モーションベースと呼ぶ)と、一方は基礎あるいはベース(以下、固定ベースと呼ぶ)の運動しない一点に接続される。接続点は回転自由な歫手を介して加振機の傾きを許容できる構造である。固定ベース上の一点  $O$  を原点とする静止座標系を  $O - x y z$ 、モーションベース上の一点  $O'$  を原点とする運動座標系を  $O' - x' y' z'$  とする。シリンダ  $i$  の位置ベクトルは式(1)で得られる。

$$\mathbf{Q}_i = \mathbf{A}_i + \mathbf{R} - \mathbf{B}_i \quad (i = 1 \sim 6) \quad \cdots (1)$$

ここで、 $R$  は  $O$  と  $O'$  を結ぶ位置ベクトルで、モーションベースの並進運動の前後、左右、上下に変化する。また、 $B_i$  は加振機  $i$  の固定ベースに取付く点の位置ベクトルで一定ベクトルである。 $A_i$  は加振機  $i$  のモーションベースに取付く点の静止座標系から見た位置ベクトルで、モーションベースの回転運動ヨー、ピッチ、ロールによって変化する。

即ち、式 (2) の関係が成立つ。

$$A_i = A_{i0} + T \quad \dots (2)$$

ここで  $A_{i0}$  はモーションベース上に固定された運動座標系から見た加振機  $i$  の取付く点の位置ベクトルで一定ベクトルである。 $T$  は、ロール角  $\phi$ 、ピッチ角  $\theta$ 、ヨー角  $\psi$  とした時の運動座標系から静止座標系の変換行列であり、式 (3) で表される。

$$T = \begin{bmatrix} \cos \phi \cdot \cos \theta & & \\ \cos \phi \cdot \sin \theta \cdot \sin \psi - \sin \phi \cdot \cos \psi & & \\ \cos \phi \cdot \sin \theta \cdot \cos \psi + \sin \psi \cdot \sin \phi & & \\ \sin \phi \cdot \cos \theta & -\sin \theta & \\ \sin \phi \cdot \sin \theta \cdot \sin \psi + \cos \phi \cdot \cos \psi & \cos \theta \cdot \sin \phi & \\ \sin \phi \cdot \sin \theta \cdot \cos \psi - \cos \phi \cdot \sin \psi & \cos \theta \cdot \cos \phi & \end{bmatrix}$$

従つて、各回転角変位が与えられると、式 (2)、

$$|R_i|^2 = |R|^2 + |M_i|^2 - 2R \cdot M_i \quad \dots (8)$$

式 (5) 及び (6)～(8) より  $|R_i|^2$  の項を消去して整理すると行列式 (9) を得る。

$$\begin{pmatrix} |M_1|^2 - |M_2|^2 - |R_i|^2 + |R_1|^2 + |R_2|^2 \\ |M_1|^2 - |M_3|^2 - |R_i|^2 + |R_1|^2 + |R_3|^2 \\ |M_1|^2 - |M_4|^2 - |R_i|^2 + |R_1|^2 + |R_4|^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2(M_1 - M_2) \\ 2(M_1 - M_3) \\ 2(M_1 - M_4) \end{pmatrix} R \quad \dots (9)$$

左辺のベクトルは、加振機の変位量、及び、角変位量より式 (2), (3) を用いて得られる。同様に右辺の行列も、角変位量より式 (2), (3) を用いて得られる。

並進運動変位ベクトルは、式 (9) に右辺の行列の逆行列を乗じることにより得られる。

右辺の逆行列が存在しない場合として、ロール角、及び、ピッチ角が同時に 0 の場合がある。この際には、式 (9) で  $z$  座標に関する行、あるいは、列を省略し、並進運動変位の  $X$ 、 $Y$  座標について求め、 $Z$  座標については、得られた変位量を用いて式 (5)～(8) のいずれかにより求められる。

このように、直接得られる角変位と、これを用

(3) より  $A_i$  が定まり、並進運動変位が与えられると式 (1) より加振機  $i$  の方向ベクトルが定まり、この大きさ  $|R_i|$  が加振機の長さとなる。加振機の変位量は角変位及び並進運動本位が 0 の時の加振機  $i$  の長さとの差となる。

次に、モニタ演算の手法について述べる。

角変位量を計測することにより、直接、モニタ量として出力できる。

並進運動変位量は以下に述べる方法で演算できる。式 (1) を変形すると下式が得られる。

$$|R_i| = |R - M_i| \quad \dots (4)$$

ここで、 $M_i$  は  $-A_i + B_i$  であり角変位が与えられた時、式 (2), (3) により各加振機毎に一定ベクトルとなる。

式 (4) の両辺を二乗すると式 (5) が得られる。

$$|R_i|^2 = |R|^2 + |M_i|^2 - 2R \cdot M_i \quad \dots (5)$$

同様にして他の加振機三本について求めると式 (6)～(8) となる。

$$|R_1|^2 = |R|^2 + |M_1|^2 - 2R \cdot M_1 \quad \dots (6)$$

$$|R_2|^2 = |R|^2 + |M_2|^2 - 2R \cdot M_2 \quad \dots (7)$$

いて代数的に並進運動変位を演算することができ、高速、かつ、高精度に演算することができる。

#### 【実施例】

以下、本発明の一実施例を第 1 図により説明する。

加振機の変位  $1$  及びモーションベースの角変位  $2$  を演算装置  $3$  に入力する。加振機変位は、例えば、加振機に取付けた変位計からの出力信号を  $A/D$  変換して入力する。また、モーションベースの角変位量は、例えば、ジャイロスコープをモーションベース上に設置し、出力信号を  $A/D$  変換して入力する。また、入力データの同期化を図るため、固有のサンプリング周期で入力する。

演算装置  $3$  は、演算部  $3-1$ 、プログラム記憶部  $3-2$ 、データ記憶部  $3-3$  より構成される。演算部  $3-1$  は、プログラム記憶部  $3-2$  に記憶されたプログラムによって動作する。正弦、余弦の計算を高速化するため、デジタルシグナルプロセッサを使用することもできる。データ記憶部  $3-3$  には、固有の座標データ及び加振機の中立

長さのデータの他に演算途中結果が記憶される。

演算結果として運動変位  $3 - 4$  は、D/A 変換器を介して出力される。また、出力データの同期化を図るため、入力データと同様に、固有のサンプリング周期で出力する。

プログラム記憶部 3-2 に収納されるプログラムの概略処理フロー例を以下に述べる。

ステップ 1：加振機変位量、モーションベース角変位量を入力する。

ステップ 2：座標変換行列  $T$  を計算する。

ステップ 3：四本の加振機の長さ  $|L_{11}|, |L_{12}|, |L_{21}|, |L_{22}|$  をデータ記憶部 3-3 に収納された中立長さと入力された変位量より計算する。

ステップ 4：固定ベース上の加振機の取付点の静止座標系での位置ベクトル  $B_{11}, B_{12}, B_{21}, B_{22}$  及びモーションベース上の加振機の取付点の運動座標系での位置ベクトル  $A_{11}, A_{12}, A_{21}, A_{22}$  をデータ記憶部 3-3 より読み込み、

ステップ 2 で演算された座標変換マトリックスを用いて、各加振機毎に決定されるベクトル  $M_1, M_2, M_3, M_4$  及びその大きさを計算する。

ステップ 5：式(9)の左辺のベクトルを計算する。

ステップ 6：式(9)の右辺の行列を計算する。

ステップ 7：ロール角  $\phi$ 、ピッチ角  $\theta$  が共に 0 かどうかを判定する。成立ならばステップ 9 に進む。不成立ならば次のステップに進む。

ステップ 8：ステップ 6 で計算した行列の逆行列を計算する。得られた逆行列にステップ 5 で計算したベクトルを乗じ、並進変位量を計算する。ステップ 10 に進む。

ステップ 9：ステップ 6 で計算した行列の前後、左右方向並進変位に関与する二行二列の行列について逆行列を計算する。得られた逆行列にステップ 5 で計算したベクトルの前後、左右方向並進

変位に関与する成分を乗じ、上・下方向以外の並進変位を計算する。上下方向並進変位は、既に得られた計算結果を、式(5)ないし(8)のいずれかに代入し、計算して得られる。

ステップ 10：角度位置及び計算して得られた並進変位量を出力する。

以上のステップ 1 からステップ 10 を繰返すことにより、連続的に変化する入力データに対して六軸の動作変位を出力する。

#### 【発明の効果】

本発明によれば、モーションベースの角変位量を、直接、計測する手段を用いたことにより、並進変位量を代数的に比較的簡便に演算することができるるので、下記の効果を奏する。

- (1) 加振周期に比べて十分に短い時間で演算できるのでリアルタイムでモニタすることができる。
- (2) 代数的な演算で結果が得られるので、収束演算に比べて計算精度が得られる。
- (3) 安価な演算回路で実現することができる。

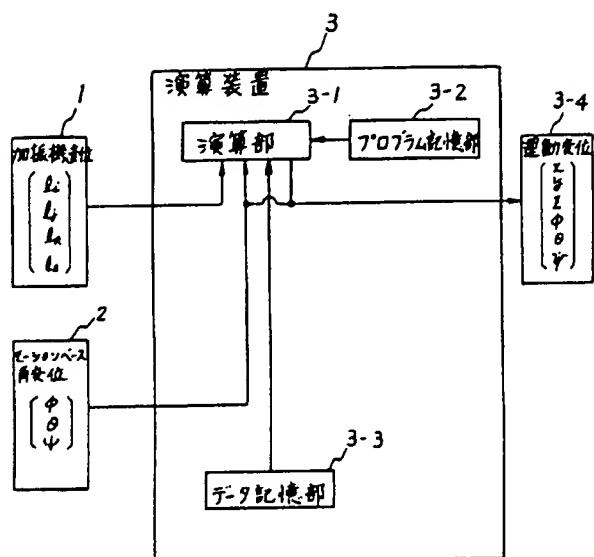
#### 4. 図面の簡単な説明

第 1 図は、本発明の一実施例の六軸動作モニタ装置のブロック図、第 2 図は、従来の六軸動作モニタ装置の斜視図、第 3 図は第 2 図の模式説明図、第 4 図は従来の制御ブロック図である。

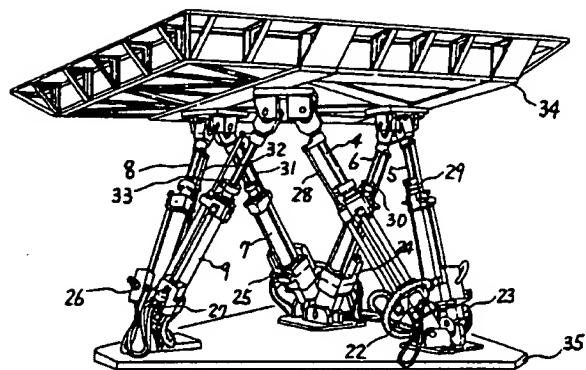
1…加振変位検出部、2…モーションベース角変位検出部、3…演算装置、3-1…演算部、3-2…プログラム記憶部、3-3…データ記憶部、4…運動変位出力部。

代理人 井理士 小川勝男

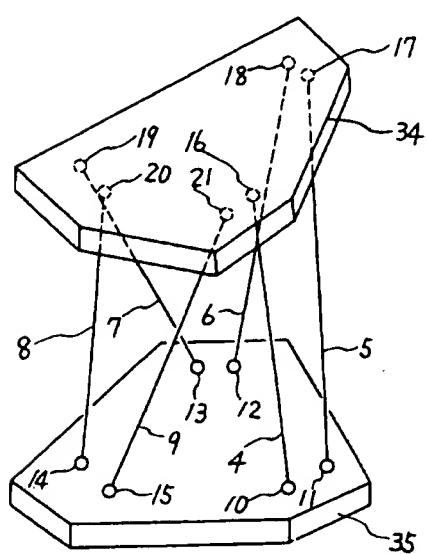
第1図



第2図



第3図



第4図

